

# 第 1 章 土方工程施工

## 教学目标

1. 了解土方的种类和鉴别方法;了解常用土石方的施工机械性能和选用方法。
2. 熟悉土方边坡失稳的原因和产生流砂的原因。
3. 掌握土方的调配和土方量计算方法;掌握土方工程常见质量事故的预防措施和根治方法。

## 1.1 概 述

### 1.1.1 土方工程的种类与特点

土方工程是建筑工程施工中主要分部工程之一,包括土石方的开挖、运输、填筑与弃土、平整与压实等主要施工过程,以及场地清理、测量放线、施工排水、降水和土壁支护等准备工作与辅助工作。

土方工程按其施工内容和方法的不同,常分为以下几种。

#### 1. 场地平整

场地平整是将天然地面改造成所要求的设计平面时进行的土石方施工全过程。它具有工作量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点。如大型建设项目的场地平整,土方量可达数百万立方米以上,面积达若干平方千米,工期较长。土方工程施工受气候、水文地质等条件的影响,难以预料的因素多,有时施工条件极为复杂。因此,在组织场地平整施工前,应详细分析、核对各项技术资料(如实测地形图,工程地质、水文地质勘察资料,原有地下管道、电缆和地下构筑物资料,土石方施工图等),进行现场调查,并根据现有施工条件制订出以经济分析为依据的施工设计方案。

#### 2. 基坑(槽)及管沟开挖

基坑(槽)及管沟开挖是指对宽度在 3m 以内的基槽或底面积在 20m<sup>2</sup> 以内的土方工程、桩承台及管沟等进行的土石方开挖。其特点是要求开挖的标高、断面、轴线准确;土石方量较少;受气候影响较大。因此,施工前必须做好各项准备工作,制订合理的施工方案,以达到减轻劳动强度、加快施工进度和节省工程费用的目的。

#### 3. 地下土石方大开挖

地下土石方大开挖主要是针对人防工程、大型建筑物的地下室、深基础施工等而进行

的地下土石方开挖工程。它涉及降水、边坡稳定与支护、地面沉降与位移、邻近建筑物的安全与防护等一系列问题。因此,在开挖土石方前,必须详细研究各项技术资料,进行专门的施工方案设计和审评。一般来说,当基坑开挖深度超过 5m 时,必须聘请专家进行方案论证。

#### 4. 土石方填筑

土石方填筑是用土石方分层填筑低洼处。填筑工程分大型土石方填筑和小型场地、基坑、基槽、管沟的回填,前者一般与场地平整施工同时进行,交叉施工;后者一般是在地下工程施工完毕后,再进行回填施工。针对填筑的土石方,要严格选择土质,分层回填压实。

### 1.1.2 土石的分类与现场鉴别方法

土石的分类方法很多,作为建筑物地基的土石可分为岩石、碎石土、砂土、黏土和特殊土(如淤泥土、泥炭、人工填土等)。

土石一般根据土石开挖的难易程度进行分类,通常将土石分为八类:第一大类是实际意义的土,有四种,包括松软土、普通土、坚土、砂砾坚土;第二大类是实际意义的石头,也有四种,包括软石、次坚石、坚石、特坚石。土石的分类与现场鉴别方法见表 1-1。

表 1-1 土石的工程分类与现场鉴别方法

| 土石的分类         | 土的名称  | 可松性系数         |               | 现场鉴别方法                  |
|---------------|---|---------------|---------------|-------------------------|
|               |   | $K_s$         | $K'_s$        |                         |
| 一类土<br>(松软土)  | 砂、粉土、冲积砂土层、种植土、淤泥土                                  | 1.08~<br>1.17 | 1.01~<br>1.03 | 能用锹、锄头挖掘                |
| 二类土<br>(普通土)  | 粉质黏土、潮湿的黄土、夹有碎石/卵石的砂、填筑土及混合土(粉土中含有碎石/卵石)            | 1.14~<br>1.28 | 1.02~<br>1.05 | 用锹、锄头挖掘,少量用镐翻松          |
| 三类土<br>(坚土)   | 软及中等密实黏土、坚硬粉质黏土、粗砾石、干黄土及含碎石/卵石的黄土、粉质黏土、压实的填筑土       | 1.24~<br>1.30 | 1.05~<br>1.07 | 主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍    |
| 四类土<br>(砂砾坚土) | 坚硬密实的黏土及含碎石/卵石的黏土、粗卵石、密实的黄土、天然级配砂石、软泥灰岩及蛋白石         | 1.26~<br>1.35 | 1.06~<br>1.09 | 整个用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤 |
| 五类土<br>(软石)   | 硬质黏土、中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土、胶结不紧的砾石岩、软的石灰岩                 | 1.30~<br>1.40 | 1.10~<br>1.15 | 用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破法      |
| 六类土<br>(次坚石)  | 泥岩、砂岩、砾岩、坚实的页岩、泥灰岩、风化花岗岩、片麻岩                        | 1.35~<br>1.45 | 1.11~<br>1.20 | 用爆破方法开挖、部分用风镐           |
| 七类土<br>(坚石)   | 大理石、辉绿岩、玢岩、粗中粒花岗岩、坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩、风化痕迹的安山岩、玄武岩 | 1.40~<br>1.45 | 1.15~<br>1.20 | 用爆破法                    |
| 八类土<br>(特坚石)  | 安山岩、玄武岩、花岗片麻岩、坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩           | 1.45~<br>1.50 | 1.20~<br>1.30 | 用爆破法                    |

### 1.1.3 土的工程性质

#### 1. 土的天然密度

土在天然状态下单位体积的质量称为土的天然密度(单位为  $\text{g}/\text{cm}^3$ )。一般黏性土的天然密度为  $1.8\sim 2.0\text{g}/\text{cm}^3$ , 砂土的天然密度为  $1.6\sim 2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。土的天然密度  $\rho$  按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中  $m$ ——土的总质量;  
 $V$ ——土的天然体积。

#### 2. 土的干密度

单位体积土中的固体颗粒的质量称为土的干密度(单位为  $\text{g}/\text{cm}^3$ )。土的干密度符号为  $\rho_d$ , 按下式计算:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-2)$$

式中  $m_s$ ——土中固体颗粒的质量;  
 $V$ ——土的天然体积。

土的干密度越大, 表示土越密实。工程上常把土的干密度作为评定土体密实程度的标准, 以控制填土工程的质量。

#### 3. 土的可松性

天然状态下的土经开挖后, 其体积因松散而增加, 虽经回填压实, 仍不能恢复原来的体积, 这种性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数来表示, 即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-3)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-4)$$

式中  $K_s$ ——土的最初可松性系数;  
 $K'_s$ ——土的最终可松性系数;  
 $V_1$ ——土在天然状态下的体积;  
 $V_2$ ——土被开挖后松散的体积;  
 $V_3$ ——土回填压实后的体积。

可松性系数为土的调配、计算土方运输量、计算填方量和运土工具等具有影响。各类土的可松性系数见表 1-1。

#### 4. 土的透水性

土的透水性是指水流通过土中孔隙的难易程度, 也称为土的渗透性。地下水的流动以及土中的渗透速度都与土的透水性有关。在计算水井涌水量时, 也涉及土的透水性指标。地下水流动的速度和水力坡度成正比。

土的渗透性用渗透系数  $K$  表示, 其单位是  $\text{m}/\text{d}$ 。

一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数  $K$  的参考值

| 土的名称 | 渗透系数 $K/(m/d)$    | 土的种类   | 渗透系数 $K/(m/d)$ |
|------|-------------------|--------|----------------|
| 黏土   | $<0.005$          | 中砂     | $5.0\sim 25.0$ |
| 粉质黏土 | $0.005\sim 0.100$ | 均质中砂   | $35\sim 50$    |
| 粉土   | $0.1\sim 0.5$     | 粗砂     | $20\sim 50$    |
| 黄土   | $0.25\sim 0.50$   | 圆砾     | $50\sim 100$   |
| 粉砂   | $0.5\sim 5.0$     | 卵石     | $100\sim 500$  |
| 细砂   | $1.0\sim 10.0$    | 无填充物卵石 | $500\sim 1000$ |

### 5. 土的含水量

土中水的质量与土的固体颗粒质量之比的百分率,称为土的含水量  $\omega$ 。它表示土的干湿程度,以百分比来表示:

$$\omega = \frac{m_{\omega}}{m_s} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中  $m_{\omega}$ ——土中水的质量;

$m_s$ ——土中固体颗粒的质量。

一般含水量在 5% 以下称为干土;在 5%~30% 称为潮湿土;大于 30% 称为湿土。含水率越大,土越潮湿,对施工越不利。含水率对挖土的难易程度、施工时的放坡、回填土的压实等均有影响。能够使回填土压实后达到最大干密度的含水率叫作最佳含水率。常见土的最佳含水率如下:砂土为 8%~12%;粉土为 9%~15%;粉质黏土为 12%~15%;黏土为 19%~23%。

## 1.2 土方工程量的计算

### 1.2.1 场地平整土方工程量计算

场地平整即场地内取高补低。计算场地挖方量和填方量,首先要确定场地设计标高,由设计平面的标高和天然地面的标高之差可以得到场地各点的施工高度,即填挖高度,由此计算场地平整的挖方量和填方的工程量。

#### 1. 场地设计标高的确定

大型工程项目通常都要确定场地设计平面并进行场地平整。场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。

场地设计标高确定原则如下:应满足规划、生产工艺及运输、排水及最高洪水水位等要求,并力求使场地内土方挖填平衡且土方量最小。

场地设计标高确定一般采用挖填平衡方法。

场地高差起伏不大,对场地设计标高无特殊要求,可按照挖填土方量相等的原则确定场地设计标高。